

Törvényszerűségek a műtrágyahatásokban

KERESZTÉNY BÉLA

Mezőgazdasági Akadémia Kémia-Talajtani tanszék, Mosonmagyaróvár

Ismeretes, hogy elsőnek Liebig ismert fel általános összefüggést a növények rendelkezésére álló táplálóanyagok mennyisége és az ezek hatására létrejövő termés nagysága között. Tételét az azóta végzett rengeteg agrokémiai kísérlet bizonyos értelemben megcáfolta. Liebig szerint ugyanis valamely talajon a termés nagyságát a minimumban levő táplálóanyag mennyisége határozza meg. E tételből az következik, hogy ha az egyetlen minimumban levő táplálóanyagot juttatjuk a szobanforgó talajba, az növelni fogja a termést, viszont más táplálóanyag adagolásával nem lehetne a termés nagyságát befolyásolni, mert annak nagyságát a tétel szerint csak a minimumban levő tényező határozza meg. A kísérletek és gyakorlati tapasztalatok tömege ezzel szemben azt bizonyítja, hogy ugyanazon a talajon nemcsak egy táplálóanyagféleséggel, hanem 2—3, sőt bizonyos esetekben még több táplálóanyag külön-külön való adagolásával is lehet a termést fokozni. Lehetséges ugyan, hogy bizonyos esetekben a táplálóanyag adagolása által okozott terméstöbblet kóros növekedés következménye, mint erre Bronzart [5] a figyelmet felhívta, és mint a nitrogén túlادagolása esetében közismert, de tényként megmarad, hogy nem egyedül a minimumban levő táplálóanyag mennyisége határozza meg a termés nagyságát.

Liebig tételéből azonban logikusan következik egy olyan elv, amelyet később Viljamsz [22] hangsúlyozott és a táplálóanyagokon kívül az összes termelési tényezőkre kiterjesztett, hogy ugyanis a termelési tényezők egyenlő értékűek. Mindezek következtében Liebig tételét úgy módosíthatjuk, hogy a termés nagyságát nem a minimumban levő tényező nagysága szabja meg, hanem az összes termelési tényezők átlagos nagysága. Erre Dworák [6, 8] mutatott rá először, amikor a termelési tényezők geometriai átlagát tekintette a termés nagyságát befolyásoló tényezőnek.

Liebig óta az agrokémikusok két főirányzat hívei. Az egyik irányzat azt tartja, hogy az adagolt táplálóanyagok főképpen közvetlenül hatnak a növényre [1, 3, 6.], a másik irányzat hívei pedig azt vallják, hogy a műtrágyák nem közvetlenül, hanem a talaj mikroorganizmusainak átalakító tevékenységén keresztül hatnak a növényre [12, 16]. A Dworák [7] és Várallyay [20] közt lefolyt vita tulajdonképpen élére állította az elméleteik közt fennálló ellentétet, mert ha el tudjuk dönteni, hogy van-e összefüggés a talaj felvehető táplálóanyag-tartalmai és a műtrágyahatások között akkor ezzel a különböző elméletek közötti helyes útra is rátalálhatunk.

Ennek a nehéz kérdésnek az eldöntésére alkalmasnak látszott Várallyay egyik közleménye [17], melyben 125 szántóföldi kísérletének adatait dolgozta fel. E közleményében ugyanis nagy alapossággal közölte mind a 125 kísérlet kezeletlen parcellájának termését kat. holdra átszámítva, a kat. holdanként külön-külön kezelésben adagolt 200 kg szuperfoszfát, 100 kg kálisó, és 100 kg pétisó által okozott terméstöbbletet a kezeletlen parcella %-ában kifejezve, azonkívül minden egyes kísérlethez megadta a kísérlet talajának Egner-Riehm foszfor,

Nehring-káli és érleléses ammonium- és nitrátnitrogén értékét [3]. Olyan tömegű adat ez, amelyből már lehet megbízható korrelációs számításokat végezni. Mint-hogy a korrelációs együttható feltétlenül pontos fokmérője két adatsor között fennálló összefüggésnek, az említett 125 kísérlet adataiból korrelációs együtthatókat számítottam, annak eldöntésére, hogy van-e összefüggés a talaj könnyen oldható táplálóanyagainak mennyisége és az egyes műtrágyahatások között. A korrelációs együtthatók kiszámítására a következő képletet használtam: $r =$

$$= \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2} \sqrt{\sum y_i^2}} \quad [15].$$

E képletben r a korrelációs együtthatót, x_i az egyik adatsor értékeinek az adatsor számtani középértékétől való eltérését, y_i pedig a másik adatsor értékeinek az adatsor számtani középértékétől való eltérését jelenti. A számítás helyességének ellenőrzésére a korrelációs együtthatókat a következő

$$\text{képlettel is meghatároztam: } r = \frac{\sum ab - \frac{1}{n} \sum a \sum b}{\sqrt{\left(\sum a^2 - \frac{[\sum a]^2}{n} \right) \left(\sum b^2 - \frac{[\sum b]^2}{n} \right)}} \quad [2].$$

E képletben r ugyancsak a korrelációs együtthatót, a az egyik adatsor értékeit, b a másik adatsor értékeit, n pedig az adatsor tagjainak számát jelenti. A korrelációs együtthatók megbízhatóságát az $mr = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}$ képlet alapján vizsgáltam [2], mely képletben r a kor-

relációs együtthatót, n pedig a korrelációban levő adatpárok számát jelenti. A megbízhatóságot az jelenti, ha 3 mr kisebb mint r . Tudvalevő, hogy pozitív előjelű korrelációs együttható egyenes, negatív előjelű pedig fordított arányosságot jelent. A korrelációs együttható legnagyobb értéke + vagy - 1,00 lehet. Ez esetben lineáris arányosság áll fenn. Minél kisebb a korrelációs együttható számértéke, tehát minél közelebb áll a nullához, annál kisebb összefüggést jelez. Minél nagyobb, azaz minél közelebb áll számértéke az 1,00-hez annál szorosabb összefüggésre mutat. Egyéb számtani műveletek is fordulnak elő a közlemény keretében, ezeknek megokolására azonban a könnyebb érthetőség kedvéért az alkalmazási helyükön kerül majd sor.

Minthogy Várallyay talajtípusonként adta meg határértékeit, azért mindenekelőtt azt számítottam ki, hogy milyen mértékű korrelációban vannak egymással talajtípusonként az egyes táplálóanyagtartalmak és a nekik megfelelő műtrágyahatások. Várallyay e közleményében [17] a kísérleti adatokat talajtípusok szerint 7 csoportba sorolta. Ezek közül az utolsó csoportot számításaimból kizártam, mivel csak 3 kísérlet adatait tartalmazza és ilyen kevés adatról nem lehet korrelációs együtthatót számítani. A kiszámított korrelációs együtthatókat a 1. táblázat tartalmazza.

A táblázatban P a 200 kg/kh szuperfoszfát, K a 100 kg/kh kálisó, N pedig a 100 kg/kh pétisó által okozott termésteöbbletet jelenti a kezeletlen parcella %-ában kifejezve, p -az Egner-Riehm foszforértéket, k a Nehring-káli értéket, n pedig az érleléses ammónium- és nitrátnitrogén együttes mennyiségét mg P_2O_5 , K_2O illetőleg N mennyiségben kifejezve 100 g talajra vonatkoztatva. Az egymással korrelációban levő tényezőket vízszintes vonal köti össze. Tehát pl. $N-p = -0,17$ azt jelenti, hogy a 100 kg/kh pétisó okozta %os termésteöbblet és az Egner-Riehm foszforérték között fennálló összefüggés negatív előjelű (tehát nagyobb pétisó hatásnak kisebb foszfortartalom felel meg), a korrelációs együttható pedig 0,17.

Az 1. táblázat adataiból kitűnik, hogy a foszfortartalom és a %-os foszforhatás között, továbbá kisebb mértékben a kálitartalom és a %-os kálihatás között minden esetben negatív korreláció áll fenn, a kis számú kísérleti adat miatt azonban csak a *K-k* illetve *P-p* összefüggés megbízható statisztikailag az I. talajtípusnál. Nitrogéntartalom és %-os pétisóhatás közt csak savanyú talajokon van némi negatív korreláció, meszes talajokon a korreláció inkább pozitív jellegű.

1. táblázat

Korrelációs együtthatók a műtrágyák által okozott a kezeletlen parcella százalékában kifejezett terméshozadék és a talaj könnyen felvehető táplálóanyagtartalmai közti összefüggés jellemzésére

1. Dunaöntés.		
<i>K-k</i> = - 0,60*	<i>P-p</i> = - 0,77*	<i>N-n</i> = + 0,04
<i>K-p</i> = + 0,72*	<i>P-n</i> = + 0,02	<i>N-p</i> = - 0,17
<i>K-n</i> = - 0,22	<i>P-k</i> = + 0,62*	<i>N-k</i> = + 0,32
2. Erdőtalaj és néhány Rábaöntés.		
<i>K-k</i> = - 0,09	<i>P-p</i> = - 0,36	<i>N-n</i> = - 0,23
<i>K-p</i> = - 0,10	<i>P-n</i> = + 0,25	<i>N-p</i> = - 0,19
<i>K-n</i> = - 0,07	<i>P-k</i> = + 0,06	<i>N-k</i> = - 0,15
3. Mezőségi vályog		
<i>K-k</i> = - 0,25	<i>P-p</i> = - 0,46	<i>N-n</i> = + 0,10
<i>K-p</i> = - 0,29	<i>P-n</i> = - 0,23	<i>N-p</i> = + 0,15
<i>K-n</i> = - 0,02	<i>P-k</i> = - 0,07	<i>N-k</i> = + 0,34
4. Mészszegény lápi eredetű mezőségi vályog és néhány réti agyag.		
<i>K-k</i> = - 0,40	<i>P-p</i> = - 0,02	<i>N-n</i> = - 0,32
<i>K-p</i> = + 0,16	<i>P-n</i> = - 0,11	<i>N-p</i> = + 0,51
<i>K-n</i> = - 0,47	<i>P-k</i> = - 0,03	<i>N-k</i> = - 0,06
5. Lápi eredetű meszes mezőségi vályog.		
<i>K-k</i> = - 0,19	<i>P-p</i> = - 0,37	<i>N-n</i> = - 0,33
<i>K-p</i> = - 0,09	<i>P-n</i> = + 0,31	<i>N-p</i> = - 0,40
<i>K-n</i> = + 0,48*	<i>P-k</i> = - 0,34	<i>N-k</i> = - 0,27
6. Savanyú homok.		
<i>K-k</i> = - 0,41	<i>P-p</i> = - 0,32	<i>N-n</i> = - 0,48
<i>K-p</i> = - 0,17	<i>P-n</i> = - 0,42	<i>N-p</i> = - 0,33
<i>K-n</i> = - 0,46	<i>P-k</i> = - 0,39	<i>N-k</i> = - 0,44

* Statisztikailag megbízható értékek.

A táblázatból azonban az is kiderül, hogy az egyes műtrágyahatások nemcsak azzal a táplálóanyagtartalommal vannak összefüggésben, amely táplálóanyagot a szóbanforgó műtrágya tartalmaz, hanem egyéb táplálóanyagtartalmakkal is. Pl. savanyú homok esetében a %-os szuperfoszfáthatás kisebb mértékben függ a talaj Egner-Riehm foszforértékétől, mint annak Nehring-káli-, illetve ammonium- és nitrát-nitrogéntartalmától. Ez bizonyítja, hogy a műtrágyahatások nem egy, hanem több táplálóanyagtartalom nagyságától függenek.

Ezek az összefüggések azonban nem egyértelműek, mert a korrelációs együtthatók között pozitív és negatív értékek egyaránt szerepelnek. Törvényszerűségeket tehát az ilyen módon számított korrelációs együtthatókból nem lehet levonni. Ennek két fő oka van.

Az egyik oka az, hogy e kísérletek többféle jelzőnövénnyel folytak. A jelzőnvények legnagyobb része búza, kisebb része egyéb gabonanemű és burgonya volt, sőt néhány egyéb növény is előfordult. Közismert tény, hogy a burgonya termésének kialakításához több káliumot igényel, mint a gabonaneműek, s ennek következtében ugyanolyan táplálóanyagviszonyok között ugyanolyan mennyiségű káliműtrágya hatására a burgonya nagyobb terméstöbbletet ad, mint a gabonaneműek. Nem lehet tehát olyan adatsorból korrelációs együtthatókat számítani, amelyekben gabonaneműek és burgonya egyaránt szerepelnek, hanem a két növénnyel folytatott kísérletek adataiból külön-külön kell azokat kiszámítani.

A másik okot az szolgáltatja, hogy a műtrágyahatások a kezeletlen parcella %-ában vannak kifejezve, márpedig nem arra vagyunk kíváncsiak, hogy valamely műtrágya bizonyos mennyisége hány %-os terméstöbbletet ad, hanem arra, hogy hány q terméstöbbletet okoz. Pl. egy q búza terméstöbblet 20 q -ás alaptermés esetében 5 %-os, 5 q -ás alaptermés esetében pedig 20 %-os terméstöbbletet jelent. De zavarja a kezeletlen parcella %-ában megadott terméstöbblet a korrelációszámítást is, minthogy maguk a kezeletlen parcellák termései is összefüggésben vannak az egyes táplálóanyagtartalmakkal, amint azt a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat

Korrelációs együtthatók a termés nagysága és az egyes könnyen felvehető táplálóanyagtartalmak közti összefüggés jellemzésére

Talajtípus	T—p	T—k	T—n	T—a	T— \sqrt{a}
1. Dunaöntés	+ 0,40	— 0,27	+ 0,00	+ 0,39	+ 0,39
2. Erdőtalaj és néhány Rábaöntés	+ 0,33	— 0,14	+ 0,21	+ 0,26	+ 0,28
3. Mezőségi vályog	+ 0,46	+ 0,19	+ 0,07	+ 0,42	+ 0,44
4. Mészszegény lápi eredetű mezőségi vályog és néhány réti agyag	+ 0,61	+ 0,37	+ 0,09	+ 0,56	+ 0,58
5. Meszes lápi eredetű mezőségi vályog	— 0,03	+ 0,21	+ 0,15	+ 0,10	+ 0,10
6. Savanyú homok	+ 0,13	— 0,56	+ 0,39	+ 0,47	+ 0,50
Összes kísérletek (1) ..	+ 0,30*	+ 0,11	+ 0,15	+ 0,30*	+ 0,32*

* Statisztikailag megbízható értékek.

A táblázatban T a kezeletlen parcella termésének nagyságát jelenti a kísérletekből számított átlagtermés százalékában, p , k , n pedig a talaj foszfor, káli és nitrogén tartalmát jelenti az Egner-Riehm, Nehring, illetőleg érleléses ammonium- és nitrát-nitrogén meghatározási módszerek szerint, a a 3 táplálóanyag átlagát jelenti. (Ennek magyarázatára később még sor kerül.) A táblázatban látható csaknem kizárólag pozitív előjelű korrelációs együtthatók azt a közvetlenül nyilvánvaló tényt bizonyítják, hogy általánosságban minél nagyobb valamely talaj táplálóanyagtartalma, annál nagyobb a kezeletlen parcella termése, tehát annál kisebb a %-os termésnövekedés ugyanakkora abszolút termésnövekedés esetében. Ezért tehát sem gyakorlati, sem pedig elméleti szempontból nem helyes e számításoknál a kezeletlen parcella %-ában kifejezett terméstöbbletekből kiindulni.

A további korrelációs számításokat ezért úgy végeztem, hogy külön csoportba osztottam a gabonaneműekkel és a burgonyával folytatott kísérleteket, az elvétve előforduló egyéb növényekkel végzett kísérleteket pedig (kukorica, lucerna, szója, répa) kizártam a számításból. A korrelációs együtthatók megbízhatóságának növelése céljából (több korrelációban levő adatpár esetében a megbízhatóság nagyobb) az egyes talajtípusokat összeolvastottam és csak meszes és savanyú talajtípusokat különböztettem meg. Ezen csoportokon belül meghatároztam, hogyan függnek össze az egyes táplálóanyagtartalmak a szokásos műtrágyaadag által okozott terméstöbblettel. Minthogy azonban a túlnyomórészen búzával beállított kísérletek mellett elvétve más gabonaneműekkel beállított kísérletek is szerepeltek és ezeket kár lett volna a számításból kihagyni, az abszolút terméstöbbleteket a feldolgozott kísérletekből számított átlagos búza, rozs, árpa, zab termésnek %-ában fejeztem ki. Így a különböző gabonaneműekre összehasonlítható értékeket kaptam. Ezek az értékek a búza, árpa stb. átlagtermésének nagyságával megszorozva q/kh-ban adják a terméstöbbleteket.

Összehasonlításképpen más korrelációs együtthatókat is kiszámítottam. D w o r a k [6, 7, 8.] ugyanis a műtrágyamegválasztás alapjául a talajban levő táplálóanyagok relatív koncentrációját ajánlja. Minél kisebb tehát valamely táplálóanyag relatív koncentrációja a talajban, annál nagyobb szükség van annak a táplálóanyagnak az adagolására és így azonos körülmények (adszorpcióviszonyok stb.) között, annál nagyobb hatást várhatunk az alkalmazásától. Ennek következtében a műtrágyahatások fordított arányosságot kell hogy mutassanak az illető táplálóanyagnak a talajban található relatív koncentrációjával. A foszforhatás tehát pl. fordítva arányos a foszfortartalomnak az összes

többi táplálóanyaghoz viszonyított nagyságával, azaz a $\frac{p}{p + k + n + \dots}$ -val,

ahol p, k, n a könnyen oldható foszfor, káli, nitrogén tartalmakat jelenti, x pedig a táplálóanyagok számát. Ha a $\frac{p + k + n + \dots}{x}$ -et röviden a-val jelöljük (átlag),

akkor azt mondhatjuk, hogy a foszforműtrágyahatás nem a p-vel, hanem a p/a-val fordítva arányos. Sajnos, számításaimhoz nem állt rendelkezésemre az egyes kísérletek talajának minden egyes könnyen oldható táplálóanyag-tartalma, hanem ezek közül csak három: a foszfor-, káli- és a nitrogéntartalom. Ezért számításaimhoz a mintegy 15 főbb táplálóanyag átlaga helyett csak e 3 táplálóanyag átlagát tudtam felhasználni.

A műtrágyahatás nagyságának megítélésénél azonban még egy tényrt kell figyelembe vennünk. E közlemény keretén belül ugyanis csak a táplálóanyag-mennyiségek változásairól van szó, a többi termelési tényezőket állandóknak tekintjük. Ilyen esetben pedig, mint azt V i l j a m s z [22] is megemlíti, érvényes a csökkenő termelékenységi görbe. Feltételezhetjük tehát, hogy a termés a táplálóanyagok átlagos mennyiségének négyzetgyökével egyenesen arányos, mint azt elsőként H e m m e b e r g (cit. Z ö l l n e r [23]) közölte. Ezt egyébként a 2. táblázat két utolsó oszlopának számértékei bizonyítják is. Ez esetben pedig az egyenlő műtrágyamennyiség adagolása által okozott terméstöbblet a táplálóanyagok átlagos mennyiségének négyzetgyökével fordítva arányos. A 2 q szuperfoszfát által okozott terméstöbblet tehát pl. nemcsak a talaj relatív foszfortartalmával (p/a) hanem a talaj átlagos táplálóanyag-tartalmának négyzetgyökével (\sqrt{a}) is

fordítva arányos. A foszfor műtrágyahatás tehát fordítva arányos a $\frac{P\sqrt{a}}{a}$ -val, vagyis a $\frac{P}{\sqrt{a}}$ -val.

Dworak az átlagszámításnál a geometriai átlag képletét használja, ami jelen esetben $a = \sqrt[3]{pkn}$ lenne, vagy 15 táplálóanyag esetében $a = \sqrt[15]{pkn\dots}$. Mivel a matematikai átlag és a geometriai átlag között lényeges eltérés csak valamely táplálóanyag szélsőséges nagysága esetében mutatkozik és mivel a gyökvonás a gyökkitevő mind nagyobb értékénél mind nagyobb számítási nehézséget jelent, azért a dolgozatomban matematikai átlagokat számítottam, bár a geometriai átlag alkalmazása elvileg helyesebb.

Maga az átlagszámítás sem egészen egyszerű feladat. Mindenek előtt is, egyenértékűsíteni kell a különböző könnyen oldható táplálóanyag értékeket, minthogy azok meghatározása különböző oldószerekkel történt. Erre vonatkozólag Dworak [8] azt ajánlja, hogy az egyes táplálóanyagértékeket a szóbanforgó táplálóanyag országos átlagértékével osszuk el. Így olyan viszonyszámokat kapunk a különböző táplálóanyagokra vonatkozólag, amelyek már egymás között egyenértékűek, mert azt mutatják, hogy a táplálóanyag értékek hányszorosai az országos átlagnak. Az országos átlag a könnyen oldható táplálóanyagokra vonatkozólag nem állt rendelkezésemre, de a 125 kísérlet Egner-Riehm féle foszfor, Nehring káli és érleléses, ammonium- és nitrátnitrogén értékeinek átlagát kiszámítottam. Ezek az átlagok Egner-Reihm foszforértékre 5,3 mg, Nehring káliértékre 10,8 mg, érleléses ammonium- és nitrátnitrogénre 3,0 mg. Ha V á r a l l y a y és K e r e s z t é n y egyik közleményéből [19] az észak-dunántúli átlagos Egner-Riehm foszfor és Nehring káliértéket kiszámítjuk, csaknem teljesen azonos értéket kapunk, ami igazolja az átlagok helyességét legalább is észak-dunántúli viszonylatban. Minthogy pedig az átlagos könnyen felvehető foszfor : káli : nitrogén aránya így közelítőleg 2 : 4 : 1 és az átlagok maguk sem teljesen pontosak, azért az egyenértékűsítést úgy végeztem, hogy az Egner-Riehm foszforértékeket 2-vel, az érleléses ammonium- és nitrátnitrogén értékeket pedig 4-el megszoroztam, a Nehring káliértéket pedig változatlanul hagytam. Ezzel gyakorlatilag ugyanazt értem el, mintha az átlagokkal osztottam volna az egyes táplálóanyagtartalmakat, csak így nagyobb számértékeket kaptam.

A következő táblázat tehát ismét korrelációs együttthatókat tartalmaz és pedig az egyik oszlopban a műtrágyahatás és a megfelelő táplálóanyagtartalom, a másik oszlopban pedig a műtrágyahatás és a relatív táplálóanyagtartalom összefüggése szerepel. A jelölések ugyanazt jelentik, mint az előző táblázatokban, azzal a különbséggel, hogy itt a N, P illetőleg K nem az egyes műtrágyák okozta és a kezeletlen parcella %-ában kifejezett terméstöbbletet, hanem az abszolút terméstöbbletet jelenti, az illető növény átlagtermésének %-ában. (Ha ezeket a számokat megszorozzuk az illető növény átlagtermésének nagyságával, akkor q-ban kapjuk a terméstöbbleteket kh-ként.) (Lásd 3. táblázat.)

A táblázatból mindenekelőtt levonhatjuk azt a következtetést, hogy az abszolút foszforhatás és a talaj Egner-Riehm foszfortartalma között határozott és egyértelmű negatív korreláció áll fenn. Az abszolút kálihatás és a talaj Nehring káli tartalma között az összefüggés teljesen bizonytalan, sőt pozitív korrelációt is találunk, ami annyt jelent, hogy minél nagyobb a talaj Nehring-káli tartalma, annál nagyobb a kh-ként alkalmazott l q kálisó által okozott terméstöbblet.

Nitrogénhatás és a talaj nitrogéntartalma között az összefüggés még bizonytalanabb, sőt meszes talajok esetében pozitív korreláció mutatkozik.

A táblázatból kiderül az is, hogy ha a foszforhatást nem a talaj foszfortartalmával, hanem a többi táplálóanyagokhoz viszonyított relatív foszfortartalmával hozzuk összefüggésbe, akkor határozottan és lényegesen nagyobb korrelációs együtthatókat kapunk. Ugyanez a helyzet a kálisóhatás esetében is, azzal a különbséggel, hogy itt az összefüggés erősödése még nagyobb. Természetesen azt is a korreláció javulásának tekinthetjük, ha pozitív korreláció csökken, minthogy a műtrágyahatás és a megfelelő táplálóanyagtartalom közötti egyenes arányosság logikai képtelenség. Másképpen kifejezve tehát mindkét műtrágyahatás esetében az abszolút helyett a relatív táplálóanyagtartalmakkal való számolás a korrelációs együtthatókat negatív irányban tolja el. A nitrogénhatás esetében a talaj nitrogéntartalmával és relatív nitrogéntartalmával számított korreláció nem mutat egyértelmű változást. Tulajdonképpen az egész 3. táblázatban csak egyetlen ellentmondó adat van — a savanyú talajokon végzett burgonya kísérletek esetében — amikor a korrelációs együttható a relatív foszfortartalom esetében pozitívabb, mint az abszolút foszfortartalom esetében.

3. táblázat

Korrelációs együtthatók a műtrágyák által okozott abszolút terméstöbblet és a megfelelő abszolút, illetve relatív könnyen felvehető táplálóanyagtartalom közt fennálló összefüggés jellemzésére

Talajtípus	Növény	$P-p$	$P-\frac{p}{\sqrt{a}}$	$K-k$	$K-\frac{k}{\sqrt{a}}$	$N-n$	$N-\frac{n}{\sqrt{a}}$
I. Meszes talaj...	b) burgonya	- 0,59*	- 0,62*	- 0,67*	- 0,78*	+ 0,17	+ 0,10
II. Savanyú talaj.	b) burgonya	- 0,35	- 0,32	+ 0,11	+ 0,11	- 0,16	- 0,11
I. Meszes talaj...	a) gabona	- 0,38	- 0,42*	- 0,05	- 0,06	+ 0,00	+ 0,05
II. Savanyú talaj,	a) gabona	- 0,22	- 0,28	- 0,09	- 0,19	- 0,17	- 0,19
Összes burgonya kísérlet (1) ...		- 0,31	- 0,32	- 0,41	- 0,58*	- 0,11	+ 0,11
Összes gabona kísérlet (2)		- 0,36*	- 0,41*	- 0,10	- 0,15	- 0,05	+ 0,01

* Statisztikailag megbízható értékek.

A táblázat adatai tehát határozottan bizonyítják — legalább is a foszfor és a kálisóhatás esetében — hogy a várható műtrágyahatásokra jobban lehet következtetni, ha a három táplálóanyagtartalom átlagának négyzetgyökéhez viszonyított táplálóanyagtartalmakkal számolunk az abszolút táplálóanyagtartalmak helyett. Jogosan feltételezhetjük, hogy, ha az egyes táplálóanyagmennyiségeket nem 3 táplálóanyagmennyiség átlagának négyzetgyökéhez, hanem 15 táplálóanyagmennyiség átlagának négyzetgyökéhez viszonyítjuk, akkor a korrelációs együtthatók tovább nagyobbodnak és megközelítik a — 1.00-t. Maguk az összefüggések lineárisak. Ennek következtében alkalmazhatjuk az egyenes egyenletét pl. $P =$

$$= z \frac{P}{\sqrt{a}} + b, \text{ ahol } P \text{ a 2 q.kh. szuperfoszfátadag okozta abszolút terméstöbblet, } p$$

a talaj könnyen felvehető foszfortartalmát, a pedig a 3 táplálóanyagtartalom mate-

matikai átlagát jelenti, z az $r \cdot \frac{\sqrt{\sum x_1^2}}{\sqrt{\sum y_2^2}}$ képletből kiszámított regressziós koeffi-

ciens, b pedig a konstans érték. Az ilyen módon kiszámított egyenleteket a 4a. táblázat tartalmazza.

4a. táblázat

Az abszolút műtrágyahatások egyenletei a talaj könnyen felvehető táplálóanyagtartalmi függvényében

I. Meszes talaj esetében		II. Savanyú talaj esetében	
a) Gabona	b) Burgonya	a) Gabona	b) Burgonya
$P = -0,88 \frac{P}{\sqrt{a}} + 11,87$	$P = -2,06 \frac{P}{\sqrt{a}} + 15,87$	$P = -1,17 \frac{P}{\sqrt{a}} + 10,20$	$P = -1,80 \frac{P}{\sqrt{a}} + 8,84$
$K = -0,16 \frac{k}{\sqrt{a}} + 6,20$	$K = -11,9 \frac{k}{\sqrt{a}} + 54,60$	$K = -1,42 \frac{k}{\sqrt{a}} + 11,16$	$K = +0,92 \frac{k}{\sqrt{a}} + 6,60$
$N = +0,54 \frac{n}{\sqrt{a}} + 12,02$	$N = +1,19 \frac{n}{\sqrt{a}} + 3,52$	$N = -2,15 \frac{n}{\sqrt{a}} + 30,60$	$N = -2,54 \frac{n}{\sqrt{a}} + 30,80$

A 4b. táblázat példát tartalmaz arra vonatkozólag, hogy ezen egyenletek segítségével nagy korrelációs együttható esetében eléggé pontosan lehet a műtrágyahatásokat kiszámítani. Kis korrelációs együttható esetében a számításnak nincs gyakorlati értéke.

4b. táblázat

Számított és kísérletileg meghatározott műtrágyahatások a meszes talajon végzett burgonyakísérletek esetében

(1) Káliműtrágyahatások az átlagos burgonyatermés %-ában (korrelációs együttható $-0,78$)		(2) Pétisóhatások az átlagos burgonyatermés %-ában (korrelációs együttható $-0,10$)	
(3) Számított érték	(4) Valódi érték	(3) Számított érték	(4) Valódi érték
34	27	4,1	-3
35	63	4,3	31
36	43	4,4	11
35	39	4,7	11
35	24	5,0	3
19	25	4,8	0
14	13	4,8	3
2	5	4,6	25
16	27	4,8	19
12	14	4,7	8
8	5	4,5	5
26	11	4,4	4
3	6	4,4	1

A 3. táblázatban feltüntetett korrelációs együtthatók azt bizonyítják, hogy a műtrágyahatások nem az egyes táplálóanyagtartalmak nagyságával, hanem azoknak a többi táplálóanyagtartalmakhoz viszonyított relatív nagyságával vannak összefüggésben. Ezt még szemléletesebben lehet bizonyítani egy másik számítási

eljárás segítségével. Ha ugyanis pl. a P fordítva arányos a $\frac{P}{\sqrt{a}}$ -val, a N pedig a

$\frac{n}{\sqrt{a}}$ -val, akkor a P/N fordítva arányos a $\frac{P \sqrt{a}}{n \sqrt{a}} = \frac{P}{n}$ -el. Ebből a feltételezésből

kiindulva újabb korrelációs együtthatókat számítottam olyan módon, hogy két-két műtrágyahatás nagyságának viszonyát összefüggésbe hoztam a két megfelelő táplálóanyagtartalom nagyságának viszonyával. A számított korrelációs együtthatókat az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat

Korrelációs együtthatók a műtrágyahatások aránya és a megfelelő táplálóanyagtartalmak aránya közti összefüggés jellemzésére

Talajtípus	Növény	$K/P - k/p$	$N/P - n/p$	$N/K - n/k$
I. Meszes talaj.....	b) burgonya	- 0,31	- 0,26	- 0,33
II. Savanyú talaj	b) burgonya	- 0,09	- 0,17	+ 0,42
I. Meszes talaj.....	a) gabona	- 0,28	- 0,16	- 0,15
II. Savanyú talaj	a) gabona	- 0,39*	- 0,24	+ 0,06

* Statisztikailag megbízható érték.

A táblázat adatai azt bizonyítják, hogy ugyanazon talajon két műtrágyahatás nagyságának a hányadosa fordítva arányos a megfelelő táplálóanyagtartalmak nagyságának hányadosával. Egyetlen határozott ellentétes adatot láthatunk csak a savanyú talajon folytatott burgonyakísérletek esetében az N/K aránynál. Ezenkívül általában azt láthatjuk, hogy savanyú talajokon az egyes kálihatásokkal alkotott hányadosok mind igen kis korrelációt mutatnak a megfelelő táplálóanyagtartalmak hányadosával. Ennek okát sikerült számításokkal kiderítenem. Összefüggést kerestem a kálihatások és a talaj egyéb tulajdonságai között és azt találtam, hogy a p_H és a kálihatások között határozott összefüggés van savanyú talajok esetében, amely összefüggésnek a korrelációs együtthatója + 0,37. Ez az érték a statisztikai megbízhatóság határán van, tehát el kell fogadnunk. Az összefüggés lineáris. A regressziós együttható 3,62, ha tehát a talaj savanyúsága növekszik, 1,0 p_H -csökkenés esetében 3,62%-kal csökken a káliműtrágya hatása. Várallyay e kísérleteknél a kálisókat vetés előtt szántotta be és úgy látszik, hogy a káliumklorid ilyen körülmények között a p_H érték csökkenésével arányosan termésesökkenést is okoz, bár kálitartalma miatt egyúttal termésnövekedést is eredményez. Ez a mellékhatás természetesen rontja a más műtrágyahatásokhoz és a talaj könnyen oldható táplálóanyagaihoz viszonyított összefüggést. Ezért savanyú talajok esetében új számításokat végeztem olyan módon, hogy a kálihatásokat az előbbi összefüggés alapján a p_H értéknek megfelelően növeltem és ezután viszonyítottam az egyéb műtrágyahatásokhoz. Minthogy azonban az összes kísérlet talajának p_H értéke nem állt rendelkezésemre, azért néhány kísérletet, amelyek talajának a p_H értékét nem tudtam megszerezni, a számításokból kizártam. Az 5. táblázatnak ilyen módon megváltoztatott értékeit tartalmazza a 6. táblázat.

A táblázat adatai szerint kivétel nélkül minden esetben határozott negatív korreláció áll fenn az ugyanazon talajon elért műtrágyahatások aránya és a megfelelő táplálóanyagtartalmak aránya között. Ezek az értékek megközelítik a

statisztikai megbízhatóságához szükséges nagyságot. A korrelációs együtthatók nagyságát az összes kísérletek számához viszonyítva, az összefüggés statisztikailag megbízhatónak tekinthető.

6. táblázat

Korrigált korrelációs együtthatók a műtrágyahatások aránya és a megfelelő táplálóanyagtartalmak aránya közti összefüggés jellemzésére

Talajtípus	Növény	$K/P-k/p$	$N/P-u/p$	$N/K-u/k$
I. Meszes talaj.....	b) burgonya	- 0,31	- 0,26	- 0,33
II. Savanyú talaj.....	b) burgonya	- 0,18	- 0,17	- 0,29
I. Meszes talaj.....	a) gabona	- 0,28	- 0,16	- 0,15
II. Savanyú talaj.....	a) gabona	- 0,38	- 0,24	- 0,20

Felmerülhet még az a kérdés, hogy miért nem kapunk a 6. táblázat esetében maximális korrelációs együtthatókat ($-1,00$ -t). Ennek számos oka van. Elsősorban is: a műtrágyahatások és a megfelelő táplálóanyagok aránya közti korreláció nem lineáris. Ha az összefüggést koordináta-rendszerben ábrázoljuk, kis görbületű vonalat kapunk. Ez természetes is, mert, ha az egyes műtrágyahatások és a relatív táplálóanyagtartalmak között lineáris az összefüggés, akkor rájuk

az egyenes egyenlete érvényes. Így pl. a foszforhatás $P = z \sqrt{\frac{P}{a}} + b$, a nitrogén-

hatásra pedig $N = u \sqrt{\frac{n}{a}} + c$. A két műtrágyahatás aránya tehát $\frac{P}{N} = \frac{z \sqrt{P} + b \sqrt{a}}{u \sqrt{n} + c \sqrt{a}}$

ez pedig nem lineáris összefüggés. Márpedig a korrelációs együttható a legnagyobb értéket lineáris összefüggés esetében adja. Minél nagyobb az ettől való eltérés annál kisebb korrelációs együtthatót kapunk, még egészen nagymértékű összefüggés esetében is.

A 6. táblázatban található korrelációs együtthatókat az is csökkenti, hogy a hányadosszámításkor a hibalehetőségek jelentősen megnövekednek, főleg olyan esetekben, amikor a műtrágyahatás igen kicsi. Márpedig a kísérleteknek több mint a felénél egészen kicsi, 5%-on aluli terméstöbblet mutatkozik. Olyan kis különbségek ezek, amelyeket nehéz szántóföldi viszonyok között pontosan mérni, azonkívül ilyen kis különbségek mellett még többismétléses kísérlet esetében is nehéz szignifikanciát elérni. Ezért már a terméstöbbletek megállapításánál elég nagy relatív hibák lépnek fel. Tételezzük fel pl., hogy egy kísérletnél a valódi 4%-os nitrogénhatás helyett 2%-ot mérünk, a valódi 2%-os foszforhatás helyett pedig 4%-ot. A tényleges N/P arány a valóságban 2,00 volna, az általunk hibásan meghatározott N/P arány pedig csak 0,50 lesz. Ebből a jelképes példából is látható, hogy az egyes műtrágyahatások megállapításánál elkövetett 100%-os relatív hiba az osztás folytán 400%-osra is növekedhet. Hasonlóképpen megsokszorozódik a táplálóanyag meghatározásoknál elkövetett hibák nagysága is az egyes táplálóanyagtartalmaknak egymással való osztásakor. Hogy legalább a nagy hibákat kiküszöböljem, kiselejteztam a kísérletek közül azokat, amelyek 5%-on aluli műtrágyahatásokat mutattak, továbbá azokat, amelyek talajának Egner-Riehm foszforértéke 1-nél kisebb volt, mivel gyakorlatból tudom, hogy az 1 mg-nál kisebb értékeket nem lehet pontosan meghatározni. Ilyen módon a K/P-k/p között fennálló korrelációkra vonatkozólag a következő együtthatókat kaptam (7. táblázat).

Ha ezeket az értékeket összehasonlítjuk a 6. táblázat megfelelő értékeivel, azt látjuk, hogy a szélsőségesen kis műtrágyahatásokat mutató és az 1 mg-nál kisebb Egner-Riehlm foszforértékű talajon beállított kísérleteket kirekesztve a számításból, a korrelációs együtthatók a P/K arány esetében mintegy kétszeresükre növekednek, ami azt bizonyítja, hogy a kísérleti hibák a két műtrágyahatás osztása révén valóban igen nagyok kis műtrágyahatások esetében. A N/P, illetőleg N/K aránynál hasonló selejtezéssel nem kapunk egyértelmű korrelációs együttható változást, azért ezen esetekben a viszonylag kis korrelációs együtthatók okát másban kell keresnünk.

7. táblázat

Korrelációs együtthatók a káli és foszfor műtrágyahatások aránya és a megfelelő táplálóanyag-tartalmak aránya közti összefüggés jellemzésére

	I. Meszes talaj	II. Savanyú talaj	I. Meszes talaj	II. Savanyú talaj
	b) burgonya		a) gabona	
K/P-k p	- 0,64	0,76*	- 0,48	- 0,77*

* Statisztikailag megbízható értékek.

Az érleléses ammonium- és nitrátnitrogén meghatározás ugyanis nem eléggé tükrözi vissza a talajok tényleges nitrogénellátottságát. Ennek bizonyítására szolgáljon a 8. táblázat.

8. táblázat

Átlagos pétisóhatás és a talaj könnyen felvehető nitrogéntartalma meszes talajokon végzett kísérleteknél különböző elővetemények után

	(1) Gabona jelzőnövény esetében			(2) Búza jelzőnövény esetében		
	(3)	(4)	(5)	(3)	(4)	(5)
	Pillangós	Kukorica	Gabona	Pillangós	Kukorica	Gabona
Pétisóhatás az átlagtermés %-ában	15,5	10,2	14,6	12,6	10,5	18,0
A talaj ammonium- és nitrát- nitrogén tartalma mg/100 g (n)	3,5	2,5	3,0	3,4	2,4	3,0
A talaj relatív nitrogén tartalma	4,0	3,4	3,7	3,8	3,1	3,8
Az átlagoláshoz használt kísérletek száma	6	14	8	5	13	6

A táblázat adatai oly módon készültek, hogy a meszes talajon végzett kísérletek közül kiválasztottam azokat, amelyek jelzőnövénye gabonanemű volt. Ezekből az elővetemények szerint három csoportot képeztem és kiszámítottam az átlagos pétisóhatást pillangós, gabonanemű és kukorica elővetemény után. Az egyéb előveteményű kísérletek a számításból természetesen kimaradtak. Az átlagoláshoz felhasznált kísérletek száma a táblázat utolsó sorában van feltüntetve. A táblázat jobboldali fele ugyanezen adatokat tartalmazza abban az esetben, ha az átlagoláshoz csak búzakísérleteket használtam fel. A számításához rendelkezésre álló kísérletek kis száma miatt a táblázat adataiból messzemenő következtetéseket nem lehet levonni, azonban a kapott értékek határozottan rávilágítanak arra, hogy miért találunk meszes talajok esetében pozitív korrelációt a talaj érleléses ammonium- és nitrátnitrogéntartalma és a pétisóhatás között.

A 8. táblázat adatai azt mutatják, hogy a gabona előveteményhez viszonyítva a pillangós elővetemény növeli a talaj abszolút és relatív könnyen felvehető nitrogéntartalmát, a kukorica elővetemény pedig csökkenti. Ez természetes is. Ha azonban megnézzük ugyanezen talajokon az átlagos nitrogénhatást, azt tapasztaljuk, hogy a talaj könnyen felvehető nitrogéntartalma pillangós elővetemények után nagyobb ugyan, mint gabona elővetemény után, a pétisó hatása mégis körülbelül ugyanakkora mindkét esetben. Kukorica elővetemény után a könnyen felvehető nitrogéntartalom kisebb, mint gabona elővetemény után, mégis a pétisó hatása nemcsak nem nagyobb, de kisebb, mint gabona elővetemény után. Fel kell tehát tételeznünk, hogy az a nitrogéntöbblet, amely a talajba a pillangós elővetemények után, és az a pentozánhatás, mely a kukorica elővetemény után mutatkozik az ősszel vett talajmintában az érlelés folyamán, a talaj természetes állapotában a következő évben már eltűnik meszes talajoknál. Az elővetemény hatása tehát a következő évi pétisóhatást nemigen befolyásolja (meszes talajon), a talajvizsgálati adatainkat azonban megváltoztatja. De ezen kívül egyéb megfigyelések (a talaj kötöttségének figyelembe nem vétele az érlelés alatt) is amellett szólnak, hogy az ammonium- és nitrátnitrogén-tartalom érleléses meghatározása nem mutatja elég jól a talaj tényleges nitrogén ellátottságát és ez a módszer javításra szorul. A talajvizsgálat hiányosságában kell tehát keresnünk a nitrogén táplálóanyag-tartalommal kapcsolatos korrelációk kevésbé szoros voltának okát.

Zavarja az összefüggéseket az is, hogy a kísérletekhez használt műtrágyák többféle hatóanyagot is tartalmaznak. Így a szuperfoszfát a foszfáthatóanyagon kívül nagymennyiségű kalciumot és szulfátot tartalmaz, a pétisó a nitrogéntartalomtól kívül sok kalciumkarbonátot, a kálisó pedig a kálium hatóanyagon kívül sok kloridot is tartalmaz. Szuperfoszfát alkalmazása esetében tehát pl. nemcsak a foszforhatással, hanem szulfát és kalcium hatással, sőt savanyú volta miatt még egyéb mellékhatásokkal is számolnunk kellene.

Hibát okoz az is, hogy az adszorpcióviszonyokat nem vehettem figyelembe a számításoknál. Gyengíti az összefüggéseket az is, hogy az időjárási tényezők hatását se lehetett tekintetbe venni. E kísérletek ugyanis sok helyütt folytak különböző években, tehát különböző időjárási adottságok között. A talaj könnyen felvehető táplálóanyag-tartalma is mutathat az év folyamán kisebb ingadozásokat, mint azt Sik és Schönfeld [14], Fehér [9], Bower [4], Várallyay [18], Jarkov, Kulakov, Kauricsev [10] és Keresztény [11] vizsgálatai mutatják. A talaj mikroorganizmusainak is van szerepük — főleg a nitrógen-trágyázás esetében — a műtrágyák hatásmechanizmusában, mint azt Kreymbig [12] tanítja. A kapott korrelációs együtthatók nagysága azonban azt mutatja, hogy mindezeknek a tényezőknek a hatása nagy általánosságban korlátozott mértékű és a műtrágyahatások és a talaj táplálóanyag-tartalmai közt fennálló összefüggéseket csak módosítják, de nem szüntetik meg.

Az adszorpcióval kapcsolatban felmerül még egy kérdés. Várallyay szerint [17] ugyanis ez talajtípus-tulajdonság. Feltehetjük tehát, hogy ha a korrelációs számításokat az ő általa megadott talajtípusok szerint csoportosítva határozzuk meg, esetleg más együtthatókat kapunk. Ennek a kérdésnek a tisztázására kiszámítottam ugyanazokat a korrelációs együtthatókat, amelyek a 3. táblázatban megtalálhatók, de a Várallyay-féle talajtípus csoportosításban. Ezeket az értékeket a 9. táblázat tartalmazza.

Az adatok lényegében ugyanazt mutatják, amit a 3. táblázat adatai, hogy ugyanis a foszforhatás és a foszfortartalom között van határozott negatív korreláció, a kálihatás és a kálitartalom, illetőleg a nitrogénhatás és a nitrogéntartalom között pedig semmiféle határozott összefüggés nincsen. Azt is bizonyítja ez a táb-

lázat, hogy a relatív táplálóanyagtartalmakkal számított korrelációs együttható értékek a 27 eset közül csak 10 esetben (a táblázatban a kövéren szedett értékek) adnak pozitívabb, 17 esetben pedig negatívabb értéket. Tehát ez a táblázat is amellett bizonyít, hogy a relatív táplálóanyagtartalmakból jobban lehet következtetni a várható műtrágyahatások nagyságára még 3 táplálóanyagtartalom ismeretében is, mint az egyes táplálóanyagtartalmakból. Ilyen csoportosítás mellett azonban az egyes csoportokon belül csak igen kis számú kísérlet van feldolgozva és ezért ezek az értékek statisztikailag nem megbízhatók. Ezért találunk ilyen erős szórást az egyes értékeknél a különböző talajtípusok esetében. Várallyay talajtípusai szerint való csoportosítás tehát lényeges változást nem okozott a korrelációs együttható értékekben, csak az értékek nagyobb szórását és kisebb megbízhatóságát eredményezte.

9. táblázat

Korrelációs együtthatók a műtrágyák által okozott abszolút terméstöbblet és a megfelelő abszolút, illetve relatív könnyen felvehető táplálóanyagtartalom közt fennálló összefüggés jellemzésére

Talajtípus	Növény	$P - p$	$P - \frac{p}{\sqrt{a}}$	$K - k$	$K - \frac{k}{\sqrt{a}}$	$N - n$	$N - \frac{n}{\sqrt{a}}$
1. Dunaöntés	a) gabona	- 0,75*	- 0,73*	+ 0,20	+ 0,28	+ 0,13	+ 0,05
1. Dunaöntés	b) burgonya	- 0,68*	- 0,66*	- 0,73*	- 0,77*	+ 0,23	+ 0,00
2. Erdőtalaj	a) gabona	- 0,38	- 0,47*	- 0,10	- 0,14	- 0,32	- 0,16
2. Erdőtalaj	b) burgonya	- 0,55	- 0,49	+ 0,12	+ 0,21	- 0,09	- 0,10
3. Mezőségi vályog	a) gabona	- 0,54	- 0,57*	- 0,07	- 0,20	+ 0,23	+ 0,16
4. Réti agyag	a) gabona	+ 0,27	+ 0,27	- 0,26	- 0,50	- 0,19	- 0,65*
5. Lápi eredetű mezőségi vályog	a) gabona	- 0,22	- 0,29	- 0,13	- 0,16	- 0,33	- 0,14
6. Savanyú homok	a) gabona	- 0,18	- 0,36	- 0,70*	- 0,75*	+ 0,43	+ 0,46
6. Savanyú homok	b) burgonya	- 0,32	- 0,31	- 0,01	- 0,12	- 0,23	- 0,16

* Statisztikailag megbízható adatok.

Az eddigiek alapján számításokat lehet végezni arra vonatkozólag, hogy vajon a burgonya tényleg másképpen viselkedik-e a műtrágyahatások tekintetében, mint a gabonaneműek. Erre lehetőséget nyújt az a tény, hogy a 6. táblázat alapján a 4. táblázathoz hasonlóan ki lehet számítani az egyes műtrágyahatásarányokat arra az esetre, amikor a táplálóanyagtartalmak egymáshoz viszonyított aránya a talajban 1,0. Mint már a 6. táblázat adatainak kiértékelésénél szó volt róla, két műtrágyahatás aránya és a megfelelő táplálóanyagtartalmak aránya közt fennálló összefüggés nem teljesen, de közel lineáris és így közelítő számításokat végezhetünk oly módon, hogy az egyenes egyenletét alkalmazzuk rájuk. Ezen egyenletek alapján azután kiszámíthatjuk az egyes műtrágyahatások arányát arra az esetre, amikor a talajban a két megfelelő táplálóanyagtartalom nagysága egyenlő. A kiszámított értékeket a 10. táblázat tartalmazza.

A 10. táblázat tartalmazza a szuperfoszfát (P), pétisó (N) és kálisóhatás (K) arányát gabonaneműek és burgonya esetében. Ha az így azonos megfelelő táplálóanyagviszony esetében gabonaneműekre és burgonyára kapott műtrágyahatásarányszámokat egymással elosztjuk, a pétisóhatás — szuperfoszfáthatás arányára vonatkoztatjuk és a savanyú és meszes talajon kapott értéket átlagoljuk, azt kapjuk, hogy a pétisó-kálisóhatás aránya gabonaneműeknél másfélszer, a szuperfoszfát-kálisóhatás aránya pedig közel 3-szor akkora, mint burgonya esetében. Ez más szóval annyit is jelent, hogy a kálisó másfélszer akkora terméstöbbletet

ad a pétisó hatásához viszonyítva burgonya esetében, mint gabonaneműeknél és 3-szor akkora terméstöbbséget ad a szuperfoszfáthoz viszonyítva burgonyánál, mint a gabonaneműeknél.

10. táblázat

Az egyes műtrágyahatások aránya abban az esetben, ha a talaj megfelelő, könnyen felvehető tápláló anyagtartalmai egyenlő nagyságúak

Talajtípus	Növény	P/K	N/P	N/K
I. Meszes talaj.....	a) gabona	0,552	4,71	5,35
I. Meszes talaj.....	b) burgonya	0,097	1,77	1,26
I. Meszes talaj.....	a/b gabona/burgonya	5,680	2,66	4,25
II. Savanyú talaj.....	a) gabona	0,492	6,49	3,24
II. Savanyú talaj.....	b) burgonya	0,182	8,87	3,00
II. Savanyú talaj.....	a/b gabona/burgonya	2,700	0,73	1,08
Meszes talajon N/P-re vonatkoztatott ; gabona/bur-				
nya arányszám (1)		2,130	1,00	1,60
Savanyú talajon N/P-re vonatkoztatott ; gabona/bur-				
gonya arányszám (2)		3,690	1,00	1,48
Átlagos arányszám meszes és savanyú talajra (3) ...		2,910	1,00	1,54

A 11. táblázatban találjuk a gabonanövényben és a burgonyanövényben szakirodalmi adatok alapján hozzávetőlegesen megállapított foszfor-, káli- és nitrogéntartalom egymáshoz viszonyított arányát. Ha ezeket az arányokat, mint a 10. táblázatban a gabona és burgonya esetében egymáshoz viszonyítjuk és a N/P arányra vonatkoztatjuk, nagyjából hasonló arányszámokat kapunk, mint a megfelelő műtrágyahatások esetében. Ezek a hozzávetőleges számok arra mutatnak, hogy ha egy növény testének felépítéséhez valamely táplálóranyagból többet igényel, mint egy másik táplálóranyagból, akkor annak a táplálóranyagának az adagolására nagyobb terméstöbbséget fog reagálni ugyanolyan talajviszonyok között, mint a másik táplálóranyag adagolására.

11. táblázat

Gabona-, és burgonyanövény foszfor, káli- és nitrogéntartalmának aránya a termés betakarításakor

	P/K	N/P	N/K
a) gabona	0,44	1,43	0,63
b) burgonya.....	0,20	1,75	0,35
a/b gabona/burgonya	2,20	0,82	1,80
N/P-re vonatkoztatva	2,68	1,00	2,20

Felmerül még az a kérdés, hogy mi lehet az oka annak, hogy a foszforhatás és a talaj könnyen felvehető foszfortartalma között elég jó összefüggést találunk, ugyanakkor azonban a kálihatás és a nitrogénhatás esetében a megfelelő táplálóranyagtartalmakkal kapcsolatban határozott összefüggés nem mutatkozik. Ez a jelenség a következőképpen magyarázható meg. Ha valamely talajban csak a könnyen felvehető foszfortartalom változik, az összes többi táplálóranyagtartalom

mennyisége állandó marad, akkor nyilvánvalóan szoros korreláció fog mutatkozni a

foszfortartalom és a foszforhatás között, minthogy ez esetben a $P = z \frac{P}{\sqrt{a}} + c$

képletben a konstans. Ez esetben tehát a foszforhatásnak szoros negatív korrelációban kell lennie a talaj könnyen felvehető foszfortartalmával. Amennyiben olyan talajokon folynak a kísérletek, amelyekben az egyéb táplálóanyagok mennyisége nem ugyanaz, de független a talajok foszfortartalmának nagyságától, akkor a korrelációs együttható foszforhatás és foszfortartalom között ugyan kisebb lesz, de még mindig határozott negatív korreláció fog mutatkozni. Ha azonban a foszfortartalom pl. maga is pozitív korrelációban van a többi táplálóanyagok mennyiségével, akkor ennek a korrelációnak a mértékétől függően a foszforhatás és foszfortartalom közti összefüggés mindig kisebb lesz. Márpedig az egyes táplálóanyagtartalmak között általában tényleg fennáll ilyen összefüggés mint, azt a 12. táblázat adatai mutatják.

12. táblázat

Korrelációs együtthatók a talaj könnyen felvehető táplálóanyagtartalmai közt fennálló összefüggés jellemzésére

Talajfajta	p-k	p-n	n-k
1. Dunaöntés	- 0,63*	- 0,32	- 0,02
2. Erdőtalaj	+ 0,31	- 0,04	- 0,09
3. Mezőségi vályog	+ 0,72*	+ 0,03	+ 0,01
4. Rétiagyag stb.	+ 0,59	+ 0,26	+ 0,87*
5. Lúpi eredetű mezőségi vályog .	+ 0,39	+ 0,16	- 0,29
6. Savanyú homok	+ 0,07	+ 0,16	+ 0,73*
Összes kísérletek	+ 0,52*	+ 0,05	- 0,01

* Statisztikailag megbízható értékek.

A 12. táblázatban található értékek azt mutatják, hogy nagy általánosságban az egyes táplálóanyagtartalmak között pozitív korreláció van, tehát, amelyek talajban egyik táplálóanyag nagyobb mennyiségben van jelen, ott többnyire az egyéb táplálóanyagokból is több van. Márpedig, ha ez az összefüggés nagymértékű bekövetkezik az az eset is, hogy pl. ha a talaj könnyen felvehető káliumtartalma nagyobb, akkor az a is ugyanannyival nagyobb, ez esetben pedig különböző nagy-

ságú k értékekhez tartozhat ugyanakkora $\frac{k}{\sqrt{a}}$ érték is. Ez pedig annyit jelent,

hogy különböző abszolút káliumtartalomhoz tartozhat ugyanakkora relatív káliumtartalom is és ennek következtében ugyanakkora terméstmennyiség is. Ilyenkor természetesen semmiféle összefüggés nincs a káliumhatás és a talaj abszolút káliumtartalma között, hiszen egyenlő káliumhatásokhoz különböző nagyságú abszolút káliumtartalmak tartoznak. Tehát minél erősebb pozitív korreláció áll fenn valamely táplálóanyag-tartalom és az ugyanazon talajban található többi táplálóanyagtartalmak között, annál kisebb lesz a korreláció az illető táplálóanyagtartalom és a megfelelő műtrágya-hatás között. Márpedig a kísérletek talajvizsgálati adatai azt mutatják, hogy savanyú talajoknál a Nehring-káliérték és a talaj pH értéke között határozott pozitív összefüggés áll fenn + 0,37 korrelációs együtthatóval. Tehát minél savanyúbb valamely talaj, annál kisebb annak a könnyen felvehető káliumtartalma.

Minden valószínűség szerint hasonló összefüggés áll fenn a pH érték és a talaj kalcium, magnézium, nátrium, sőt egyéb kationtartalma között. Minél aridabb jellegű valamely talaj, annál nagyobb a kationtartalma és minél humidabb jellegű, annál kisebb. A talaj kationtartalmai között tehát a különözöttség mérve szerint határozott összefüggés van. Ez az oka annak, hogy igen kicsi az összefüggés a talaj abszolút káliumtartalma és a káliumtrágyahatás között. Ha szemügyre vesszük a 9. táblázatot, azt látjuk, hogy a dunaöntésen folytatott burgonyakísérletek esetében, továbbá a rétiagyagon és a savanyú homokon végzett gabonakísérleteknél találunk mindössze határozottabb negatív korrelációt káliumtartalom és káliumhatás között. Ha megnézzük Várallyay eredeti közleményét [17], melyből e számításokat végeztem, azt találjuk, hogy ezen kísérletek vagy egy kis területen belül folytak, amelyen belül a táplálóanyagviszonyok többé-kevésbé állandóaknak tekinthetők, vagy pedig olyan talajokon (rétiagyag, savanyú homok), ahol feltehetően nincs erős összefüggés a talaj káli- és egyéb kationtartalma között. Ezért találunk ezekben az esetekben nagyobb mértékű korrelációt káliumtartalom és káliumhatás között.

Az eddigiek szerint a műtrágyahatások nagyságát csak akkor lehet pontosan kiszámítani, ha az egyéb tényezők ismerete mellett (adszorpció, növényfajta igénye, pontos talajvizsgálati módszer, talajbiológiai tényező) legalább a fő 15 táplálóanyagtartalmat meghatározzuk. Kerülő úton azonban úgy is eljárhatunk, hogy ha ismerjük valamely talajon bármelyik műtrágya hatásának nagyságát, a talaj megfelelő táplálóanyagtartalmának aránya segítségével közelítőleg kiszámíthatjuk az említett egyéb tényezők figyelembevételével a két műtrágyahatás arányát s ebből az egyik műtrágyahatás nagyságának ismeretében a másik műtrágya hatását megkaphatjuk.

Összefoglalás

Várallyay egyik régebbi közleményében található 125 szántóföldi kísérlet adataiból korrelációs együtthatókat számítottam egyrészt a nitrogén-, foszfor- és káliumtrágyahatások és a talaj könnyen felvehető nitrogén-, foszfor- és káliumtartalma között, másrészt ugyanezen műtrágyák hatása és a három táplálóanyag átlagának négyzetgyökéhez viszonyított könnyen felvehető nitrogén-, foszfor-, illetőleg káliumtartalmak között. Az utóbbi együtthatók nagyobb negatív értéket mutattak. Feltételezhető, hogy az egyes táplálóanyagtartalmakat a 15 főbb táplálóanyag-tartalom átlagának négyzetgyökéhez viszonyítva, azok egészen szoros korrelációt mutatnának az egyes műtrágyahatások nagyságával.

1. Műtrágyahatás és a talaj megfelelő könnyen felvehető táplálóanyag-tartalma között csak bizonyos feltételek mellett — hazai viszonyok között általában a foszforhatások esetében — mutatkozik határozott összefüggés.

2. Szorosabb korreláció foszfor és káliumtrágyázás esetében csak a műtrágyahatás és a megfelelő relatív táplálóanyag-tartalom, vagyis az abszolút táplálóanyag-tartalomnak a talajban levő táplálóanyag-tartalmak átlagának négyzetgyökéhez viszonyított nagysága között van.

3. Két különböző műtrágya hatásának aránya ugyanazon talajon határozott és közel lineáris fordított arányosságot mutat a megfelelő könnyen felvehető táplálóanyag-tartalmak arányával.

4. Mindezen megállapítások az abszolút műtrágyahatásokra, nem pedig a kezeletlen parcella %-ában kifejezett műtrágyahatásokra vonatkoznak.

5. A korrelációs együtthatók nagysága azt mutatja, hogy legalábbis a foszfor és káliumtrágyázás esetében, a fő összefüggés a műtrágyahatások és a megfelelő

relatív táplálóanyag tartalmak között áll fenn. Egyéb tényezők, mint az adszorpció, talajmikrobiológiai hatások, a könnyen felvehető táplálóanyag meghatározási módszerének tökéletlensége, időjárási tényezők, stb., ezt az alapösszefüggést csak módosítják de nem döntik meg.

Érkezett: 1955. április 11.

Irodalom

- [1] Arnold, Ch. Y.: Soil Sci. 76. 405. 1953.
- [2] Ananasiu, N.: Z. Pflernähr. Düng. 64. 135. 1954.
- [3] Ballenegger, R.: Talajvizsgálati módszerkönyv. Mezőgazdasági kiadó, Budapest. 1953.
- [4] Bower, C. A.: Iowa Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 362. 1949.
- [5] Bronzart, H.: Neuzeitliches Düngen. Stuttgart. 1941.
- [6] Dworak, L.: Növényterm. Kut. 6. 2. 1949.
- [7] Dworak, L.: Agrochimica és Talajtan 2. 313. 1953.
- [8] Dworak, L.: Agrochimica és Talajtan 2. 369. 1953.
- [9] Fehér, D.: Talajbiológia. Akadémiai kiadó, Budapest. 1954.
- [10] Jarkov, Sz. P., Kulakov, E. V. & Kaurics, I. Sz.: Poeszvoegyenyije 466. 1950.
- [11] Keresztény, B.: Agrochimica és Talajtan 2. 185. 1953.
- [12] Kreybig, L.: Gyakorlati trágyázást. Mezőgazdasági kiadó, Budapest. 1951.
- [13] Rappe, G.: Plant and Soil 4. 198. 1953.
- [14] Sik, K. & Schönfeld, S.: Agrochimica és Talajtan 1. 269. 1952.
- [15] Sirk, H.: Mathematik für Naturwissenschaftler und Chemiker. Steinkopff, Dresden. 1950.
- [16] Sztankov, N. Z.: Szovjetszkaja Agronomija 8. 74. 1951.
- [17] Várallyay, Gy.: Agrochimica 2. 287. 1950.
- [18] Várallyay, Gy. & Keresztény, B.: Agrochimica és Talajtan 1. 401. 1952.
- [19] Várallyay, Gy. & Keresztény, B.: Agrochimica és Talajtan 2. 173. 1953.
- [20] Várallyay, Gy.: Agrochimica és Talajtan 2. 319. 1953.
- [21] Várallyay, Gy.: Agrochimica és Talajtan 3. 289. 1955.
- [22] Viljamsz, V. R.: Poeszvoegyenyije 25. 1949.
- [23] Zöllner, A.: Journ. f. Landw. 193. p. 1867.

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ В ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЙ

Б. Керестень

Кафедра химии и почвоведения с/х Академия Мошонмадяровар (Венгрия)

Резюме

Является спорным вопросом, какая связь имеется между содержанием легкоусвояемых питательных веществ почв и величиной действий соответствующих минеральных удобрений. На выяснение этого вопроса оказалась годной одна изданных статей Варалая, в которой содержатся данные по действию удобрений и по анализу почвы в 125-ти мелкоделяночных полевых опытах. Размер соотношения между данными действия минерального удобрения и соответствующих почвенных исследований характеризуется величиной вычисленных корреляционных коэффициентов. Поскольку Дворак при выборе применяемого искусственного удобрения использует относительную концентрацию питательных веществ почвы, кроме корреляционных коэффициентов, характеризующих взаимную зависимость между действием отдельных минеральных удобрений и соответствующим абсолютным содержанием питательных веществ почв, в данной статье имеются для сравнения коррелятивные коэффициенты, характеризующие взаимосвязь между действием отдельных минеральных удобрений и соответствующем относительным содержанием питательных веществ почв.

Относительное содержание питательных веществ почвы можно получить из абсолютного содержания питательных веществ путем деления на корень квадрат среднего эквивалента содержания питательных веществ. Для вычисления средних данных конечно требовалось бы знание содержания всех 15-ти главнейших питательных веществ.

Поскольку из них могли пользоваться только содержанием легкоусвояемых азота, фосфора и калия, вычисление средних проводили только в отношении содержания этих трёх питательных веществ, путем деления количества отдельных легкоусвояемых питательных веществ на средние данные по стране.

Вычисленные таким образом коррелятивные коэффициенты доказывали, что в случае применения фосфатных и калийных удобрений действия находятся в более тесной негативной корреляции с соответствующим релятивным содержанием питательных веществ, чем с их соответствующим абсолютным. В случае применения азотного удобрения взаимосвязи являются неопределенными вследствие микробиологических процессов почвы способных изменять действия удобрений, или некоторый на основании данных стоит ближе к истине — вследствие недостатков методики по определению аммонийного и нитратного азота. Данные доказывают следующие:

1. Определенная взаимная зависимость оказывается между действием удобрений и содержанием соответствующих легкоусвояемых питательных веществ только при определенном условии — в условиях Венгрии обычно в случае фосфорного действия.
2. В случае применения фосфорных и калийных удобрений более тесная корреляция имеется между величиной релятивного содержания питательных веществ получаемого путем деления абсолютного содержания питательных веществ на корень квадрат среднего эквивалента содержания питательных веществ почвы.
3. На одной и той же почве размер действия двух различных искусственных удобрений показывает определенную пропорциональность с размером содержания соответствующих легкоусвояемых питательных веществ.
4. Все эти выводы относятся к абсолютным действиям искусственных удобрений, а не к действию в процентах искусственных удобрений контрольных деленок.
5. Величина коррелятивных коэффициентов показывает, что хотя бы в случае применения фосфорных и калийных удобрений главная связь имеется между действием удобрений и соответствующим релятивным содержанием питательных веществ. Другие факторы, как адсорбция, микробиологические действия почвы, недостатки в методике по определению легкоусвояемых питательных веществ, климатические факторы и другие, эту основную взаимную связь могут только поправлять, а не опровергнуть.

Таблицы

В таблицах показано повышение урожайности под влиянием внесения 200кг/хольд суперфосфата (P), 100кг/хольд калийной соли (K), 100 кг хольд Петской соли — смесь нитрата аммония и карбоната кальция — (N). р-фосфор по Egner — Riehm k — калий по Nehring, n — общее количество аммонийного и нитратного азота, определенное по методу нитрификационного способа почвы, в мг P_2O_5 , K_2O , N на 100 гр почвы. Факторы, имеющие корреляционную связь, соединенные горизонтальной линией, например $N-P = -0,17$ обозначают существующую взаимосвязь между повышением урожайности под влиянием внесения Петской соли 100 кг хольд и количеством фосфора и имеет отрицательный знак (значит большему действию Петской соли соответствует меньшее содержание фосфора), корреляционный коэффициент 0,17.

Почвенные типы: «Аллювиальная почва Дуная. 2. Лесная почва и некоторые аллювиальные почвы р. Раба. 3. Черноземный суглинок. 4. Бедный известью черноземный суглинок органического происхождения и некоторые луговые-глинистые почвы. 5. Богатый известью черноземный суглинок органического происхождения. 6. Кислый песок. I.: Почва содержащая известь. II. Кислая почва. Растения: а) зерновые, б) картофель. Цифры обозначенные звездочкой имеют статистическую достоверность.

Табл. 1.: Корреляционные коэффициенты для характеристики взаимосвязи между повышением урожайности под влиянием искусственных удобрений, выраженные в процентах от контроля, и содержание легкопоглощаемых питательных веществ почвы.

Табл. 2.: Корреляционные коэффициенты для характеристики взаимосвязи между величиной урожайности и содержанием некоторых легкопоглощаемых питательных веществ. (1). Все опыты. T: урожай контрольной деланки в процентах от средней урожайности. a: обозначает среднее количество легкопоглощаемого N, P и K.

Табл. 3.: Корреляционные коэффициенты для характеристики взаимосвязи между абсолютным повышением урожайности под влиянием искусственных удобрений и релятивным количеством легкопоглощаемых питательных веществ.

Табл. 4.: Уровнения абсолютного действия искусственных удобрений в зависимости от содержания легкопоглощаемых питательных веществ почвы.

Табл. 6.: Вычисленные и полученные опытным путем данные действия искусственных удобрений при опытах с картофелем, поставленных на известковых почвах. (1) Влияние калийных удобрений в процентах от средней урожайности картофеля. (Корреляционный коэффициент $-0,78$.) (2) Влияние Петской соли в процентах от средней урожайности картофеля (корреляционный коэффициент $-0,10$.) (3) Вычисленная величина. (4) Истинная величина.

Табл. 5.: Корреляционные коэффициенты для характеристики взаимосвязи между соотношением действий искусственных удобрений и содержанием соответствующих питательных веществ.

Табл. 6.: Исправленные корреляционные коэффициенты для характеристики взаимосвязи между соотношением действий искусственных удобрений и соотношением содержания соответствующих питательных веществ.

Табл. 7.: Корреляционные коэффициенты для характеристики взаимосвязи между соотношением действий калийных и фосфорных удобрений и соотношением содержания соответствующих питательных веществ.

Табл. 8.: Среднее влияние Петской соли и содержание легкопоглощаемого нитрата почвы в опытах, проводимых на известковых почвах после различных предшественников. (1) Опытное растение-зерновые. (2) Опытное растение-картофель. (3) Бобовые растения. (4) Кукуруза. (5) Зерновые. (6) Влияние Петской соли в процентах от средней урожайности. (7) Содержание аммонийного и нитратного азота почвы в мг/100 гр. (N). (8) Релятивное содержание азота почвы. (9) Число опытов для вычисления средних данных.

Табл. 9.: Корреляционные коэффициенты для характеристики взаимосвязи между абсолютным повышением урожайности под влиянием искусственных удобрений и релятивным количеством легкопоглощаемых питательных веществ.

Табл. 10.: Соотношение действий некоторых искусственных удобрений в том случае, если содержание соответствующих легкопоглощаемых питательных веществ почвы равны между собой. (1) На известковой почве, в пересчете на N/P.: соотношение зерновые-картофель. (2) На кислой почве в пересчете на N/P соотношение зерновые-картофель. (3) Среднее соотношение на известковой кислой почве.

Табл. 11.: Соотношение содержания фосфора, калия и азота зерновых и картофеля при уборке урожая. В этой таблице содержание фосфора, калия и азота в растениях обозначено P, K, N.

Табл. 12.: Корреляционные коэффициенты для характеристики взаимосвязи между содержанием легкопоглощаемых питательных веществ почвы. (1) Все опыты.

Gesetzmässigkeiten in der Wirkung der mineralischen Dünger

B. KERESZTÉNY

Landwirtschaftliche Akademie, Lehrstuhl für Chemie und Bodenkunde,
Mosonmagyaróvár (Ungarn)

Zusammenfassung

Es ist eine viel umstrittene Frage, welche Zusammenhänge zwischen den leicht löslichen Nährstoffelementen des Bodens und der Wirkungstärke der entsprechenden Kunstdünger besteht. Zur Klärung der Frage wurde als Ausgangspunkt eine frühere Veröffentlichung von Várallyay benutzt, die die Bodenprüfungsangaben und Ernteerträge von 125 Kleinparzellen-Feldversuchen enthält. Es wurden Berechnungen zur möglichst genauen Ermittlung der Korrelationsverhältnisse zwischen diesen beiden Faktoren unternommen. Neben den Angaben über die »absoluten« wurden auch jene über die »relativen« Nährstoffgehalte verwendet, wobei die »relativen« Nährstoffgehalte nach Dworak's Methode errechnet wurden. Diese Angaben deuten die Verhältnisse an, in denen sich die einzelnen Nährstoffe zur Quadratwurzel des Durchschnittes aller Nährstoffe (bzw. hier nur jener von N, P und K) im Boden befinden.

Diese Angaben liefern für Folgendes Beweis: —

1. Zwischen der Kunstdüngerwirkung und dem entsprechenden Gehalt des Bodens an leicht aufnehmbaren Nährstoffen ist ein konkreter Zusammenhang nur unter ganz bestimmten Bedingungen — unter ungarischen Verhältnissen in der Regel im Falle von Phosphorwirkungen — festzustellen.

2. Im Falle von Stickstoffdüngung sind die Zusammenhänge ungewiss. Der Grund hierfür dürfte entweder in den die Kunstdüngerwirkung abändernden bodenmikrobiologischen Vorgängen, oder aber — und dies scheint an Hand der Angaben wahrscheinlicher zu sein — in einer Mangelhaftigkeit der von Várallyay angewandten Bestimmungsmethode des Ammoniums und Nitratstickstoffes zu suchen sein.

3. Im Falle von Phosphor- und Kalidüngung stehen die Kunstdüngerwirkungen in engerer negativer Korrelation zu den entsprechenden »relativen«, als zu den »absoluten« Nährstoffgehalten.

4. Das Verhältnis der Wirkungen von zwei verschiedenen mineralischen Düngern auf den gleichen Boden zeigt eine bestimmte und annähernd lineare umgekehrte Proportionalität mit dem Verhältnis der entsprechenden leicht aufnehmbaren Nährstoffgehalte.

5. Die Grösse der Korrelationskoeffizienten erweist, dass — zumindest im Falle einer Phosphor und Kalidüngung — der hauptsächlichste Zusammenhang zwischen den Kunstdüngerwirkungen und

dem Gehalt an entsprechenden relativen Nährstoffen besteht. Durch sonstige Faktoren, wie z. B. Adsorption, mikrobiologische Prozesse im Boden, Unzulässigkeit der Bestimmungsmethoden für die leicht aufnehmbaren Nährstoffe, Witterungsfaktoren, usw. wird dieser grundlegende Zusammenhang bloss abgeändert, nicht aber entkräftet.

Tabellen

In sämtlichen Tabellen bedeutet *P* den durch 200 kg Superphosphat pro Kat. Joch, *K* den durch 100 kg Kaliumsalz pro Kat. Joch, *N* den durch 100 kg »Pétisó« (Ammoniumnitrat und Kaliumkarbonat-Mischung) pro Kat. Joch erzielten Mehrertrag, *p* den Egner-Riehm Phosphorwert, *k* den Nehring-Kaliumwert, *n* die Gesamtmenge des durch Verrottung bestimmten Ammonium- und Nitratstickstoffes in mg P_2O_5 , K_2O bzw. in N-Menge ausgedrückt und auf 100 gr Bodenprobe bezogen. Die miteinander in Korrelation stehenden Faktoren sind durch eine horizontale Linie verbunden. Demnach bedeutet z. B. $N \cdot p = -0,17$, dass der Zusammenhang zwischen dem durch 100 kg/Kat. Joch »Pétisó« Dünger erzielten Mehrertrag und dem Egner-Riehm Phosphorwert ein negatives Vorzeichen trägt (also eine stärkere Pétisó-Wirkung einem niedrigeren Phosphorgehalt entspricht) und der Korrelations-Koeffizient 0,17 ist.

Bodentypen: 1: Donau-Schwemmboden. 2: Waldboden und einige Raab-Schwemmböden. 3: Wiesenlehm. 4: Kalkarmer Wiesenlehm moorigen Ursprunges und einige Wiesen-Tonböden. 5: Kalkhaltiger Wiesenlehm moorigen Ursprunges. 6: Sauerer Sandboden. I: Kalkhaltiger Boden. II: Sauerer Boden. **Pflanzen:** a: Getreide. b: Kartoffel. c: statistisch gesicherte Werte.

Tabelle 1. Korrelationskoeffizienten für die Charakterisierung des Zusammenhanges zwischen dem durch mineralische Dünger erzielten und im Prozentsatz der unbehandelten Parzellen ausgedrückten Mehrertrag und dem Gehalt des Bodens an leicht aufnehmbaren Nährstoffen.

Tabelle 2. Korrelationskoeffizienten zur Charakterisierung des Zusammenhanges zwischen der Ertragshöhe und dem Gehalt an einzelnen leicht aufnehmbaren Nährstoffen. In der Tabelle bedeutet *T* die Ertragsmenge der unbehandelten Parzelle im Prozentsatz des aus den Versuchen errechneten Durchschnittsertrages, *a* den Durchschnittsgehalt des Bodens an leicht aufnehmbaren Stickstoff, Phosphor und Kalium. (1) Sämtliche Versuche.

Tabelle 3. Korrelationskoeffizienten zur Charakterisierung des Zusammenhanges zwischen dem durch mineralische Dünger verursachten Mehrertrag und dem entsprechenden absoluten bzw. relativen Gehalt an leicht aufnehmbaren Nährstoffen.

Tabelle 4a. Die Gleichungen der absoluten Kunstdüngerwirkungen in Funktion des Bodengehaltes an leicht aufnehmbaren Nährstoffen.

Tabelle 4b. Berechnete und experimentell bestimmte Kunstdüngerwirkungen bei den auf kalkhaltigen Boden durchgeführten Kartoffelversuchen. (1) Die Wirkungen von Kalidünger im Prozentsatz des durchschnittlichen Kartoffelertrages. (Korrelations-Koeffizient: $-0,78$). (2) Wirkungen des Pétisó-Düngers im Prozentsatz des durchschnittlichen Kartoffelertrages (Korrelations-Koeffizient: $-0,10$). (3) Berechneter Wert. (4) Tatsächlicher Wert.

Tabelle 5. Korrelationskoeffizienten zur Charakterisierung des Zusammenhanges zwischen dem Verhältnis der Kunstdüngerwirkungen und dem der Gehalte an entsprechenden Nährstoffen.

Tabelle 6. Korrigierte Korrelationskoeffizienten zur Charakterisierung des Zusammenhanges zwischen dem Verhältnis der Kunstdüngerwirkungen und jenen der entsprechenden Nährstoffgehalte.

Tabelle 7. Korrelationskoeffizienten zur Charakterisierung des Zusammenhanges zwischen dem Verhältnis der Kalium- und Phosphordüngerwirkungen und dem Gehalt an entsprechenden Nährstoffen.

Tabelle 8. Durchschnittliche Wirkung des Pétisó-Düngers und der Gehalt des Bodens an leicht aufnehmbaren Stickstoff in Versuchen auf kalkhaltigen Boden, nach verschiedener Vorfrucht. (1) Bei Getreide als Indikatorpflanze. (2) Bei Weizen als Indikatorpflanze. (3) Schmetterlingsblütler. (4) Mais. (5) Getreide. (6) Wirkung des Pétisó-Düngers im Prozentsatz des Durchschnittsertrages. (7) Der Gehalt des Bodens an Ammonium- und Nitratstickstoff in mg/100 g. (8) Der relative Stickstoffgehalt des Bodens. (9) Die Zahl der in die Durchschnittsberechnung einbezogenen Versuche.

Tabelle 9. Korrelationskoeffizienten zur Charakterisierung des Zusammenhanges zwischen dem durch mineralische Dünger erzielten absoluten Mehrertrages und dem entsprechenden absoluten, bzw. relativen Gehalt an leicht aufnehmbaren Nährstoffen.

Tabelle 10. Das Verhältnis der einzelnen Kunstdüngerwirkungen falls der Gehalt des Bodens an leicht aufnehmbaren Nährstoffen gleich hoch ist. (1) Auf kalkhaltigen Boden, auf N/P bezogen; Getreide/Kartoffel Relativzahl. (2) Auf saueren Boden, auf N/P bezogen; Getreide/Kartoffel Relativzahl. (3) Durchschnittliche Relativzahl für kalkhaltigen und saueren Boden.

Tabelle 11. Das Verhältnis des Gehaltes an Phosphor, Kalium und Stickstoff in der Getreide- und Kartoffelpflanze, zum Zeitpunkt der Ernte. In dieser Tabelle bedeutet *P*, *K*, *N* den Phosphor-, Kalium-, und Stickstoffgehalt der Pflanze.

Tabelle 12. Korrelationskoeffizienten zur Charakterisierung des Zusammenhanges zwischen dem Gehalt des Bodens an verschiedenen leicht aufnehmbaren Nährstoffen..